米糖灰 混合시멘트의 特性

李 善 敬(譯)
〈韓國科學技術情報센터〉

1. 머릿말

精米所가 集中的으로 모여있는 곳에서는 대체로 米糖(쌀겨)의 處分이 하나의 問題로 登場한다. 보통 1 Ton 所出의 田畓에서는 약400Lb (200kg)의 米糖이 나오는데 이것은 密度가 낮고 부피가 크기 때문에 貯藏 내지는 運搬에 많은 空間을 필요로 하게 마련이다. 또한 米糖은 단백질 含量이 너무 적기 때문에 家畜의 飼料로서도 不適當하고 米糖속에는 灰分과 木窒素(lignin)가 많이 含有되어 있기 때문에 織維製品을 만드는데도 별로 經濟的인 材料는 되지 못한다. 따라서 이 米糖을 處分하는 方法에는 野外에서 혹은 火力發電所 등의 燃料로 燒却하는것 뿐이다. 이 米糖을 燒却할 때에는 重量의 약 20% 程度의 比率로 재(灰)가 생기는데 이 재에는 주로 不活性 실리카로 組成되어 있기 때문에 農業 및 工業用으로도 유용하지 못하다.

本 研究의 결과는 特許로도 出願하였는데 米糖을 燒成하여 活性灰로 만들어 水硬시멘트(hydraulic blended cement)의 原料에 適合하도록 만드는 것이다. 오늘날 가장 많이 쓰이는 水硬시멘트인 포오틀랜드 시멘트는 石灰質 및 硅土質 原料를 混合하여 약 2550~2900°F (1400~1600℃)에서 熱處理하여 만든 硅酸칼슘 크링카를 粉砕하여 製造하고 있지만 보다 만족할 만한 水硬시멘트를 製造하려면 活性米糖灰를 微粉하여 石灰質 시멘트原料와 混合하여 處理하므로써 組積工과 플라스터링 및 其他 建設工事에 적합한 強度를 내는 石灰-米糖灰시멘트를 얻을 수 있다. 이것은 현재 많이 使用되고 있는 포오틀랜드 시멘트 보다 우수한 初期強度와 耐久性 및 極限強度를 發揮할 수 있다.

2. 材 料

米糖灰 : 本 研究에서 사용된 米糖灰의 샘플은 本 研究팀이 考案해 낸 工業用燒成炉에서채취한 것으로 그 成分은 주로 SiO_2가 80-95%, K_2O가 1~2%이었으며 나머지는 모두 不活性 炭素였다. 이 米糖灰 샘플을 ×-線 回折分析해 보았더니 실리카는 非結晶狀態로 존재하여 容易하게 微分砕할 수 있었다.

石灰質原料 : 99%의 純度를 가진 工業用Ca(OH)$_2$와 C_aO를 가지고 石灰-米糖灰시멘트를 만들고 포오틀랜드-米糖灰시멘트는 ASTMI/III型 製造法에 준하여 製造하였다.

米糖灰시멘트 : 混合시멘트(blended cement)는 實驗室用 混合粉砕機를 利用하여 보올 밀로 微粉砕된 米糖灰를 石灰 및 포오틀랜드 시멘트와 같은 石灰質 原料하고 적당한 比率로 混合하여 製造하였다. 그리고 混粉시멘트(interground cement)는 實驗室用 보올 밀을 利用하여 米糖灰와 生石灰나 수산화나트륨과 같은 石灰質 原料를 混合粉砕하여 만들었다.

3. 石灰-米糖灰시멘트의 特性

ASTM C-109에 準한 石灰-米糖灰시멘트의 壓縮強度는 〈表~1〉에 나타낸 바와 같으며 이

表의 資料로 볼 때 C_aO또는 $C_a(OH)_2$를 含有하고 있는 混合시멘트와 混粉시멘트의 強度는 一般 組積工事에 적합한것으로 나타난다. 한편 ASTM C-91에 의할것 같으면 材令 7日強度는 最小限 500psi (3.5kgf/cm²)는 되어야 하며 28日強度로는 900psi (63kgf/cm²)가 要求되고 있지만 실제로는 重量으로 20%의 C_aO 또는 25%의 $C_a(OH)_2$를 含有하고 있는 混粉시멘트의 3, 7, 및 28日 強度特性은 ASTM I/Ⅲ型 포오틀랜드 시멘트(市販用)와 類似하기 때문에 一般的인 建築施工用으로는 물/시멘트比가 0.5 정도로 하는것이 바람직하다. 또한 ASTM C-150은 3回強度로 1,800psi(126kgf/cm²)를 要하고 7日強度로는 2,800psi (196kgf/cm²)를 要求하고 있는 실정이다. 〈表-2〉에 表示된 石灰-米糖灰시멘트 組成의 強度가 낮은 이유 중의 하나는 比較的 많은 量의 물을 必要로 하기 때문이라고 볼 수 있다.

〈表-1〉 石灰-未糖灰시멘트(ASTMD-109)로 製造한 몰탈試供体의 壓縮強度

시멘트의 成分		處理工法	壓縮強度(psi (kgf/cm²)			
CaO/ $Ca(OH)^2$	米糖灰 : 石灰 (重量比)	混合/混粉	물-시멘트比 0.50	3日	7日	28日
CaO	80 : 20	混 粉	0.50	1500 (105)	3500 (245)	5130 (359)
CaO	70 : 30	混 粉	0.65	690 (48)	2050 (143)	3580 (251)
CaO	70 : 30	混 合	0.70	360 (25)	1210 (85)	4160 (291)
$Ca(OH)^2$	75 : 25	混 粉	0.50	1100 (77)	2840 (19.9)	3550 (249)
$Ca(OH)^2$	70 : 30	混 粉	0.57	650 (46)	2400 (168)	2900 (203)
$Ca(OH)^2$	70 : 30	混 合	0.77	500 (35)	1850 (130)	2900 (203)

一般的으로 石灰-米糖시멘트는 硬化가 빨리 이루어 지면서도 安定特性이 正常이라는것이 ASTM C-151 오우토 클레브(Autoclave) 擴張試驗에 의해 판명되었다. 특히 米糖灰로 만든 시멘트의 독특한 특성은 稀釋酸에 매우 우수한 耐久性을 發揮한다는 것이다. 이에 관해서는 다음에 상세히 論議하기도 한다.

〈表~2〉 포오틀랜트-未糖灰시멘트(ASTMC-109)로 製造한 몰탈試供体의 壓縮強度

시멘트의 種類	壓縮強度(psi (kgf/cm²)			
	3 日	7 日	28 日	90 日
B-30	4690 (329)	6690 (468)	8630 (604)	9390 (657)
B-50	3840 (269)	5740 (402)	8460 (592)	8920 (624)
B-70	3530 (247)	5210 (365)	6280 (440)	7370 (516)
一般 포오틀랜드 시 멘 트	3290 (230	4780 (335)	6230 (435)	7010 (490)

4. 포오틀랜드-米糖灰시멘트의 特性

予備試驗을 통해서 포오틀랜드-米糖灰시멘트의 原料混合物은 따로 分離해서 料砕하여 混合하던지 아니면 미리 섞어서 粉砕하던지 粒度에는 별로 差異가 없음이 밝혀 졌다. 以下에서 報告하는 시멘트의 特性은 微粉된 米糖灰와 Ⅱ型 포오틀랜드 시멘트를 重量比가 30 : 70, 50 : 50, 또는 70 : 30되도록 混合해서 만들어진 3가지 포오틀랜드-米糖灰시멘트에서 얻어진 것인데 이들 各 샘플을 B-30, B-50 및 B-70으로 샘플名을 부쳤다.

ASTM C-109에 의해 얻어진 壓縮強度는 〈表~2〉에 表示하였다. 비록 密度試驗에는 포오틀랜드-米糖灰시멘트의 물 所要量이 一般 포오틀랜드 시멘트 보다 높은것으로 나타났으나 試驗用 몰탈에는 0.5의 固定 물/시멘트比를 採用하였다.

〈表~2〉에 나타난 壓縮強度에 관한 資料를 보면 포오틀랜드-米糖灰시멘트가 70%의 米糖灰를 含有했을 경우 一般 포틀랜드 시멘트와類似한 強度를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 米糖含量이 50% 내지 30%가 될 경우에는 材令 3日 또는 7日強度의 早期材會에서도 一

般 포오틀랜드 시멘트 보다 훨씬 높은 強度를 나타내고 있다. 一般 포오틀랜드 시멘트와 比較할 때 B-30 샘플은 3, 7, 및 8回強度 에서는 약 40%의 더 높은 壓縮強度를 보이고 90日 強度에서는 30% 以上의 더 높은 強度를 보여주고 있다. 결국 이 資料에서 우리가 알 수 있는것은 이 米糖灰를 一般포죠란과 같이 취급할 수는 없다는 것이다. 즉 米糖灰는 특이하게 活性的인 실리카를 含有하고 있음을 뜻한다. 本 硏究陣의 報告에 따르면 포오틀랜드-米糖灰시멘트로 만들어진 콘크리트의 強度 改善도 硅酸質 骨材를 石灰石 骨材로 對置시키면 얼마던지 가능하다고 말하고 있다.

ASTM C-191에 따라 정해진 바와 같이 試供體의 硬化時間은 B-30은 205分, B-50은 150分, B-70은 60분 및 一般 시멘트의 경우에는 150分등으로 볼 때 이들 4가지 試料의 오우토 클레이브 擴張試驗値는 0.1%를 超過하지 않었다. 또한 石灰水 中에서 28日間 養生하여 만든후, 계속해서 50%의 相對湿度와 70°F (20℃)의 大氣中에서 4個月間 貯藏한 3×3×10 inch (7.6×7.6×25.4mm)의 부피를 가진 試供體에 収縮試驗을 실시한 결과 포오트랜드 -米糖灰시멘트로 만든 콘크리트와 一般 시멘트를 가지고 만든 콘크리트 사이에는 収縮擧動上의 아무런 差異가 나타나지 않었다. 일반 密度試驗에 대한 물 所要量은 混合시멘트의 米糖灰 含量이 증가함에 따라 늘어나는 경향이 있으나 적당한 減水劑를 사용하면 修正이 가능하다.

米糖灰시멘트로 만든 몰탈이나 콘크리트의 가장 重要한 특징은 酸에 대한 耐久性이 우수하다는 것이다. 포오틀랜드시멘트는 60~65%의 C_aO를 含有하고 있으며 그 水和物(콘크리트)은 약 25%의 $C_a(OH)_2$를 含有하고 있기 때문에 이것이 酸에 露出되는 경우에는 별로 抵抗力을 發揮하지 못한다. 이와 反對로 石灰나 포틀랜드 시멘트와 混合된 米糖灰시멘트는 20~40%의 C_aO를 含有하고 있으며 水和시켜 콘크리트化 하였을 때에는 거의 $C_a(OH)_2$가 生成되지 않는다. 0.4의 물/시멘트比로 ASTM Ⅱ型 포오틀랜드 시멘트와 重量으로 35%의 米糖灰를 含有하고 있는 포오틀랜드-米糖灰시멘트를 가지고 製造한 콘크리트試供體를 HCL혹은 H_2SO_4의 5% 水溶液에 1500時間 동안 계속적으로 잠겨 놓았더니 포오틀랜드 시멘트로 만든 콘크리트는 35%의 重量이 減少되었는데 포오틀랜드-米糖시멘트는 8% 밖에는 重量減少가 일어나지 않었다. 結局 H_2SO_4 5%의 水溶液 중에서의 相對的인 重量減少는 포오틀랜드 시멘트로 만든 콘크리트가 27%, 포오틀랜드-米糖灰시멘트로 만든 콘크리트가 13%의 重量減少를 이르킨 것이 된다. 마찬가지로 醋酸 1%의 水溶液 속에 貯藏했던 石灰一米糖灰시멘트로製造한 몰탈은 4年 以上이나 아무 변화를 이르키지 않었다. 그러나 一般 포오틀랜드 시멘트로 만든 콘크리트는 1年도 않되서 同一한 條件下에 表面이 軟化되고 눈에 뜨일 정도로 重量이 減少되었다. 米糖灰시멘트는 그 우수한 酸에 대한 抵抗特性 때문에 美國에서는 이미 食品工場 및 化學工場 등지에서 여러가지로 利用되고 있는 실정이다.

本 硏究陣은 또한 이 米糖灰를 活性骨材를 含有하고 있는 몰탈에 使用하면 膨張을 減少시킬 수 있는 좋은 포죠란 混和劑가 된다고 報告하고 있다. 再來用 포죠란(石灰質頁岩)으로 90%의 膨張減少를 얻으려면 重量으로 25%의 混和劑가 必要하지만 이 米糖灰를 사용하면 同一한 膨張減少 效果를 얻는데 겨우 10% 밖엔 必要하지 않다. 또한 시멘트의 重量으로 25%의 石灰質 頁炭(포죠란)을 含有하고 있는 몰탈과는 달리 10%의 米糖灰를 含有하고 있는 몰탈은 早期強度도 크게 나타 났다. 이러한 사실로 보아서 活性骨材와 함께 高 알카리 포오틀랜드시멘트를 使用할 때 發生하는 問題點도 이 포오틀랜드-米糖灰시멘트를 사용한다던지 아니면 高 알카리 포오틀랜드 시멘트 및 活性骨材들를 含有하는 콘크리트의 鑛物性 混和劑로 사용하면 自然히 해결될 것이다.

5. 米糖灰시멘트의 潛在特性

米糖灰를 野外에서 燒却하여 處分해 버리는 것에 比하면 産業用 目的으로 有效하게 사용한다는것은 여러가지 面으로 바람직한 일이다. 또한 米糖속에 存在하는 可燃性物質을 燃燒시킬 때 發生하는 大量의 熱에너지를 再活用할 수 있다는 點에서도 이것은 어디에서나 經濟的으로 바람직한 일이다. 그 뿐아니라 米糖이 큰 부피 때문에도 이것을 移動시킨다던지 運搬하는데 많은 費用이 들기 때문에 이를 燒成하여 재를 만들어 再來用 포오틀랜드 시멘트 보다 우수한 質의 시멘트를 만든다는것은 더욱 그 意義가 크다고 볼 수 있다.

參考文獻

1. Haxo, H. E. and Mehta, P. K., "Ground Rice Hull Ash as a Filler for Rubber," Rubber Chemistry and Technology, V. 47, No. 2, 1975, PP. 27-288.
2. Mehta, P. K., and Pitt, N., "Energy and Industrial Materials from Crop Residues,' Resource Resource Recooery and Conversation Journal, No, 2, 1976, PP, 23-28.
3. Mehta, P. K., and Polivka, Milos, "Use of Highly Active Pozzolans for Reducing Expansion in Concvetes Containing Reafive Aggregates," Living wfth Marginal Aggregates, STP-597, American Society for Testing and Materials, Philadelghia, 1976, PP, 25-35. p p